نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶ جلد ۱۱، بهمن - اسفند ۱۳۹۶، ص. ۹۸۷-۹۷۲

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 11, Feb.-Mar. 2018, p. 972-987

بررسی رفتار پوشش‌های بتنی کانال‌های آبیاری در بسترهای اصلاح شده موضعی

حجت احمدی[1*]، سمیرا مردعلی[2]، ثمر بهروزی‌نیا[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۱

چکیده

در این تحقیق، تاثیر اصلاح خاک بستر کانال به کمک آهک، بر رفتار پوشش‌های بتنی و نیروهای وارد بر آن براساس داده‌های آزمایشگاهی به‌صورت عددی بررسی گردید. اصلاح خاک بستر به دو صورت تعویض لایه‌ی بالایی از خاک مشکل‌زا و همچنین اصلاح موضعی از خاک اطراف پوشش بتنی به ضخامت مشخص در نظر گرفته شد. مدل‌سازی‌های مورد نظر در یک مقطع ذوزنقه‌ای متقارن و با استفاده از نرم‌افزار Plaxis (مبتنی بر المان محدود) انجام شد. واسنجی مدل بر پایه داده‌های آزمایشگاهی حاصل از آزمایش تک محوری انجام شد و سپس نیروهای وارد بر پوشش بتنی کانال بر اساس کارکرد آن در سه حالت متفاوت، انتهای مرحله‌ی ساخت، کانال پر و نشت معکوس مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که با اصلاح خاک بستر میزان لنگر خمشی وارد بر پوشش بتنی در پنل‌های جانبی و کف کاهش یافت به‌طوری‌که این مقدار کاهش در کانال‌های با شیب جانبی ملایم، بسیار قابل ملاحظه بود. در اصلاح افقی میزان کاهش لنگرها حدود ۵۵ درصد و در اصلاح موضعی پیرامونی مقدار کاهش لنگر تا ۲۰ درصد مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح موضعی، تثبیت با آهک، لنگر خمشی، نرم افزار Plaxis

مقدمه

پوشش بتنی کانال‌های آبیاری در مراحل مختلف بهره‌برداری و حتی قبل از شروع بهره‌برداری و آب انداختن کانال ممکن است تخریب شوند، به طوری‌که حتی در برخی موارد، به تدریج اهداف اولیه‌ی طرح نیز زیر سوال برود. در این خصوص می‌توان به تخریب پوشش‌های بتنی در کانال‌های آبیاری ساوه (رحیمی و عباسی، ۱۳۸۱) و همچنین برخی از کانال‌های شبکه‌های آبیاری خوزستان اشاره کرد (Rahimi and Barootkoob., 2002). مطالعات و تحقیقات حاکی از آن است که این مشکلات بنا به دلایل متعددی نظیر عدم طراحی و اجرای مناسب می باشد. همچنین عدم توجه به مسایل ژئوتکنیکی بستر بیش‌تر از سایر موارد حایز اهمیت بوده به طوری‌که عدم توجه به آن‌ها باعث تخریب پوشش در سال‌های اول شروع بهره‌برداری گردیده، هم‌چنین در بعضی موارد، امکان اصلاح و بازسازی را مشکل و تقریبا غیراقتصادی نموده است (رحیمی و عباسی، ۱۳۸۱).

وجود خاک‌های مشکل‌زا در بستر کانال، موجب تغییرات حجم خاک در پشت پوشش کانال و خاک‌ریز اطراف آن می‌گردد، بنابراین این تغییر حجم در روی پوشش به‌صورت بروز ترک‌های طولی در امتداد محور کانال و یا جابجایی و بالازدگی پنل‌های بتن نمایان می‌گردد (رحیمی، ۱۳۸۳). نلسون و میلر علت بوجود آمدن ناهمواری‌های شدید بدون ترک و هم‌چنین همراه با ترک‌خوردگی‌های موازی در پیاده‌روها را، وجود خاک‌های متورم شونده در زیرسازی آن‌ها اعلام کردند(Nelson and Miller., 1992). در تحقیقات انجام شده در منطقه‌ی فلسطین بر روی یک کانال ۱۷ کیلومتری در بیت نتوفا مشخص گردید که خاک‌ریز این کانال متشکل از رس با قابلیت تورم بسیار زیاد بوده که در نتیجه موجب تخریب کانال در قسمت‌های متعدد گردیده است. بنابراین از عمده‌ترین دلایل تخریب پوشش‌های بتنی، عوامل ژئوتکنیکی و رفتار نامطلوب خاک بستر بیان گردید (Alrefaei., 1976). روش‌های مختلفی به منظور کاهش پتانسیل ترک‌خوردگی پوشش‌های بتنی ارایه شده است که این روش‌ها در دو مجموعه‌ی کلی شامل روش‌های تقویت و اصلاح ساختمان پوشش بتنی و روش‌های اصلاح خصوصیات خاک بستر کانال‌ها قابل تقسیم‌بندی است. (USBR., 1967)، استفاده از درزبندی مناسب در کف و پانل‌های دیواره‌های بتنی (Ahmadi et al., 2009)، استفاده از مقادیر مناسب از نسبت عرض کف به عمق کانال (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱) اشاره کرد. از روش‌های اصلاح خاک بستر که می‌تواند نیروهای وارده از طرف بستر و آب، بر پوشش بتنی را به

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه دانشیار گروه مهندسی آب، پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، دانشگاه ارومیه
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه ارومیه
۳- دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، دانشگاه ارومیه
(* - نویسنده مسئول: h.ahmadi@urmia.ac.ir)

حداقل برساند می‌توان به چندین بار آب‌اندازی در کانال قبل از بتن ریزی (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱)، بهسازی خاک بستر به کمک مواد افزودنی نظیر آهک و سیمان (شریفی و همکاران، ۱۳۹۲) نام برد. ساهو و پرادهن نشان دادند که خاک‌های چسبنده‌ی غیر متورم شونده می‌توانند به‌عنوان مصالحی مناسب برای کاهش تورم و مقابله با فشار تورم، مورد استفاده قرار گیرند. هم‌چنین گزارش کردند که پارامترهای موثر در رفتار انبساطی و انقباضی خاک‌های متورم شونده در سیکل‌های تر و خشک شدن، با تثبیت خاک بهبود قابل‌ملاحظه‌ای یافته‌اند (Sahoo and Pradhan., 2010). گلابتون‌چی و طالبی (۱۳۷۹)، طی مطالعات خود در مورد علل تخریب پوشش بتنی کانال‌های مناطق مختلف ایران از جمله شبکه پل‌دشت در شمال خوزستان و شبکه حروق‌چای و صوفی‌چای در آذربایجان شرقی و شبکه زرینه‌رود در آذربایجان غربی به موارد مختلفی از جمله تورم‌پذیری خاک بستر کانال اشاره نمودند. یکی از راه‌های پیشنهاد شده جهت کاهش تورم و رفع مشکلات حاصله، اضافه کردن آهک به رس و تثبیت از این طریق می‌باشد. ییلماز و جیولک اوغلو، پس از انجام مطالعاتی در مورد پایداری خاک‌های رسی متورم شونده به این نتیجه رسیدند که گچ می‌تواند تاثیر بسزایی بر پایداری این نوع خاک‌ها داشته باشد. هم‌چنین مطالعاتی در مورد خاک گچی بهسازی شده با خاکستر بادی انجام دادند (Yilmaz and Civelekoglu., 2009). آن‌ها آزمایش‌هایی قبل و بعد از افزودن ماده مورد نظر انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که خواص مهندسی این خاک مسئله‌دار به علت افزایش جرم حجمی خشک، کاهش پتانسیل تورم‌زایی و همچنین افزایش مقاومت برشی آن تا حد رضایت‌بخشی بهبود می‌یابد. ضیایی‌موید و هراتیان در سال ۱۳۸۹ طی آزمایشات خود به این نتیجه رسیدند که افزودن آهک، پلیمر و الیاف پلیمری به خاک موجب کاهش حد روانی خاک می‌شود، ولی میزان این کاهش در آهک و پلیمر در مقایسه با الیاف پلیمری بیش‌تر بوده است. بل، اثر آهک را بر روی خصوصیات تراکمی و مقاومتی سه نوع کانی رسی شامل کائولینیت، مونت موریلونیت و کوارتز بررسی کرد. نتایج او نشان دهنده‌ی اثر آهک در کاهش حداکثر وزن مخصوص خشک خاک، افزایش رطوبت بهینه، نسبت باربری کالیفرنیا و مدول الاستیسیته هر سه نوع خاک است و این در حالی است که بهبود مقاومت به مقدار زیاد، متاثر از زمان و دمای عمل‌آوری بوده است (Bell., 1996). کومار و همکاران در مورد تاثیر خاکستر آتشفشان، آهک و فیبرهای پلی‌استر بر روی خصوصیات تراکم و مقاومتی خاک‌های متورم شونده مطالعاتی انجام دادند. مقاومت فشاری محدود نشده نمونه‌های ۷ روزه، ۱۴ روزه، و ۲۸ روزه برای مخلوط خاک رس و آهک و خاکستر آتشفشان همواره از مقاومت فشاری محدود نشده برای نمونه‌هایی که فاقد خاکستر آتشفشان می‌باشد، بیش‌تر است. (Kumar et al., 2007).

مطالعات صورت گرفته توسط شریفی و همکاران (۱۳۹۲) نشان داده است که استفاده از آهک و سیمان با درصدهای مختلف به‌عنوان مواد افزودنی به خاک بستر کانال‌ها می‌تواند میزان لنگرهای وارده بر پوشش‌های بتنی را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. دریایی (۱۳۸۸) مطالعاتی بر اساس بررسی تاثیر افزایش ماسه در مقاومت مخلوط خاک آهک انجام داد و به این نتیجه رسید که نسبت اختلاط بهینه ماسه برای افزایش مقاومت فشاری ۱۰ درصد می‌باشد. مورتی و پراون گزارش دادند که تثبیت شیمیایی خاک در خاک‌های متورم-شونده به طور موثری از میزان صدمات به پنل‌های کانال‌ها و سازه‌ها می‌کاهد (Murty and Praveen., 2008). رائو و همکاران مصالح خاکی حاوی خاکستر بادی که با سیمان ۱۰٪ تثبیت شده‌اند را در کاهش رفتار تورمی خاک موثر دانستند (Rao et al., 2008).

با توجه به تحقیقات انجام شده، مشاهده می‌شود که رفع مشکلات ژئوتکنیکی، توسط اصلاح کلی خاک بستر انجام شده است. به عبارت دیگر، به‌کارگیری خاک کاملا تثبیت شده در تمامی هندسه‌ی مورد بررسی و تعمیم آن به کل محدوده‌ی منتهی به پوشش بتنی مورد توجه پژوهشگران بوده و این در حالی است که کاهش حجم اصلاح خاک، یکی از رویکردهای مهم در کارهای اجرایی می‌باشد. در این تحقیق، تاثیر اصلاح موضعی به جای اصلاح کل خاک زیر بستر کانال‌ها، در جهت کاهش خطرات و آسیب‌های احتمالی وارد بر پوشش‌های بتنی مورد مطالعه قرار گرفته است.

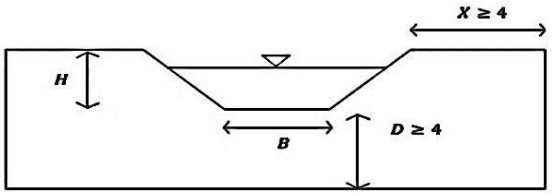
مواد و روش‌ها

مدل عددی مورد استفاده

در این پژوهش برای انجام محاسبات و انجام شبیه‌سازی‌های رفتاری کانال از نرم‌افزار Plaxis 8.5 استفاده شد. این نرم‌افزار بر اساس روش المان محدود، معادلات حاکم بر محیط خاک را به همراه مصالح مختلف نظیر پوشش‌های مختلف مدل می‌کند. از مدل‌های متعدد رفتاری موجود در این نرم‌افزار، مدل موهر- کلمب که مدل مناسبی برای بررسی انواع مختلف مصالح است، استفاده گردید. همچنین رفتار خاک متورم شونده به صورت یک ماده الاستوپلاستیک درنظرگرفته شد.

هندسه‌ی مدل

سطح مقطع و ابعاد عمومی کانال بررسی شده، در شکل ۱ نشان داده شده است. مطابق شکل، عرض بالادست شیب‌های جانبی کانال، حداقل ۴ متر است که منطبق بر حداقل عرض جاده سرویس و مطابق ضوابط فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی انتخاب شده و حداقل ضخامت خاک مشکل‌زا تا کف کانال، ۴ متر در نظر گرفته شد و علت آن حذف تاثیرات وجود سنگ بستر بر نتایج تحلیل بود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱).



شکل ۱- مقطع هندسی کانال آبیاری مورد بررسی

عمق کانال بین ۲ تا ۶ متر و به‌صورت متغیر اعمال شد. همچنین شیب جانبی کانال در سه حالت مختلف ۱:۱، ۱(عمودی):۱/۵(افقی) و ۱(عمودی):۲(افقی) مورد بررسی قرار گرفت و فاصله‌ای برابر با ۰/۲ عمق کانال به عنوان ارتفاع آزاد در محاسبات منظور گردید.

خصوصیات مصالح مورد استفاده در مدل‌سازی

در این پژوهش از داده‌های مربوط به آزمایش‌های انجام شده توسط ساهو و پرادهن استفاده گردید. خاک‌های مورد استفاده، دو نوع خاک متورم شونده و غیرمتورم شونده چسبنده بوده است که هر دو به صورت موضعی از نزدیکی سمبالاپور، ایالت اوریسا (هند) به وسیله حفاری از عمق ۱ متری سطح طبیعی زمین تهیه شده است (Sahoo and Pradhan., 2010). جهت اصلاح این خاک از آهک هیدراته ($Ca(OH)_2$) که از واکنش آهک زنده و آب یا بخار آب بوجود می‌آید و در برابر هوا و رطوبت پایدارتر است، استفاده گردید. مشخصات مربوط به خاک متورم‌شونده (Black Cotten) و خاک تثبیت شده با آهک (Lime Stabilized Red Soil)، در جدول ۱ نشان داده شده است. رفتار پوشش بتنی به صورت کاملا الاستیک در نظر گرفته شد و برای مدل کردن آن از یک لایه پوشش بتنی ۲۰ سانتی‌متری استفاده گردید. مشخصات پوشش بتنی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات خاک مورد استفاده (Sahoo and Pradhan., 2010)

نام خاک	مدل الاستیسیته (pa)	نسبت پواسون (-)	چسبندگی خاک (pa)	زاویه اصطکاک داخلی (درجه)	زاویه اتساع (درجه)
BC	۴۱۶۶	۰/۲۵	۳۷	۰	۰
LSRS	۳۲۵۰۰	۰/۳	۲۴۵	۰	۰

جدول ۲- مشخصات پوشش بتنی مورد استفاده (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱)

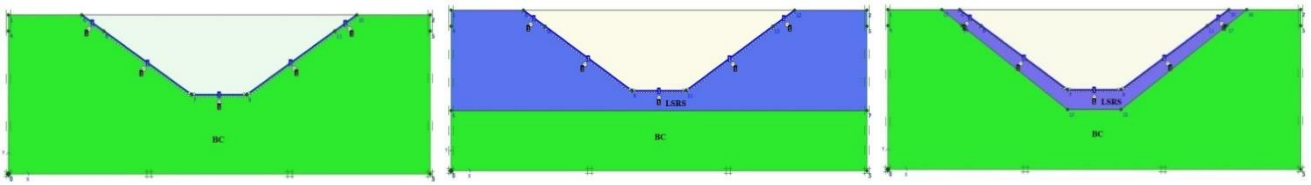
مقاومت کششی (Mpa)	مقاومت فشاری (Mpa)	نسبت پواسون (-)	مدول الاستیسیته (Mpa)	وزن واحد حجم (KN/m^3)
۲/۴-۵	۲۵-۳۵	۰/۲-۰/۲۵	۲۰۰۰-۳۰۰۰۰	۲۳-۲۴

مدل‌سازی انواع روش‌های اصلاح کلی و موضعی

جهت ارزیابی تاثیر کاهش حجم اصلاح خاک بر فرم تغییر شکل‌ها، تنش برشی و لنگر خمشی، اصلاح خاک بستر به دو شکل، اصلاح موضعی خاک بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه‌ی متورم شونده در پیرامون هندسه‌ی کانال (دیواره و کف) و اصلاح کلی تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه‌ی متورم شونده در زیر کف کانال مورد بررسی قرار گرفت که به ترتیب در شکل ۲- الف و ۲- ب نشان داده شده است. شرایط حالت مبنا که در آن، کانال به‌طور کامل در خاک متورم شونده قرار دارد مطابق شکل ۲- ج است. جهت بررسی چگونگی توزیع نیروهای وارده بر پوشش‌های بتنی، هیچ‌گونه درزی در پوشش‌های کف و یا دیواره‌های جانبی در نظر گرفته نشد و شرایط حاکم بر کانال بر اساس کارکرد آن در سه حالت انتهای مرحله ساخت (پوشش‌دهی)، حالت کانال پر و حالت نشت معکوس بررسی شد. در حالت پایین افتادگی یا نشت معکوس فرض گردید که سطح آب در کانال به کف رسیده و سطح آب در دورترین مرز از هندسه مدل از سطح زمین، ۰/۲ عمق کانال فاصله داشت. این مقدار بیش‌ترین ارتفاع آبی است که جریان نشت یافته از کانال در حین کارکرد کانال تحت حداکثر ظرفیت خود، می‌تواند آن را ایجاد نماید، هر چند که محافظه-کارانه به نظر می‌رسد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱).

واسنجی مدل عددی

جهت کالیبراسیون مدل عددی، از داده‌های آزمایشگاهی منتشر شده توسط استفاده شد. بدین منظور آزمایش‌های این محققان که به صورت بررسی رفتاری یک نوع خاک اصلاح شده با آهک (LSRS) واقع بر بستری از خاک متورم شونده (BC) در قالب آزمایش‌های تک محوری بود، به کمک مدل عددی شبیه‌سازی گردید. از آن‌جایی که یافته‌های آنان فاقد برخی پارامترهای اساسی مدل موهر – کلمب بود به روش سعی و خطا عمل کرده و سپس صحت آن با نتایج آزمایشگاهی مقایسه گردید و بهترین انطباق بین نتایج مدل و نتایج آزمایشگاهی انتخاب شد و بر این اساس، مشخصات رفتاری خاک واسنجی شد. شکل ۳، نتیجه مدل‌سازی را در مقایسه با داده‌های آزمایشگاهی خاک (LSRS) نشان می‌دهد.

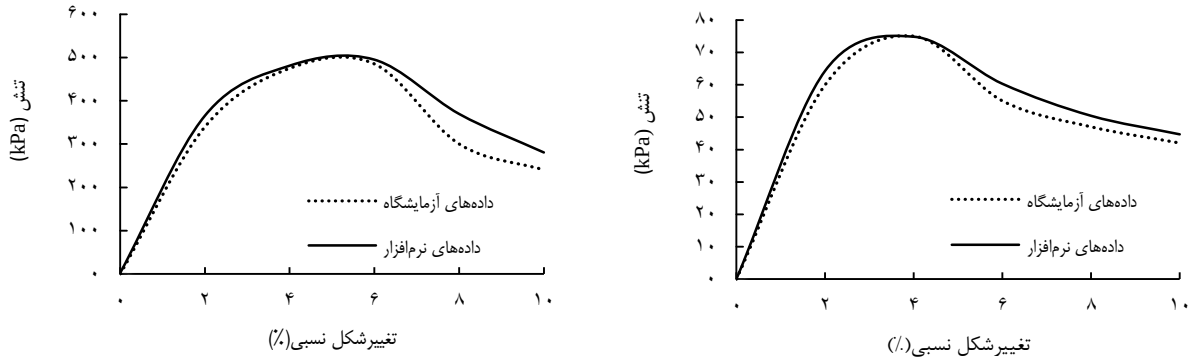


الف- اصلاح موضعی بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه مشکل‌زا در پیرامون کانال

ب- اصلاح کلی بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه مشکل‌زا در زیر کف کانال

ج- خاک متورم شونده بدون اصلاح

شکل ۲- مدل‌سازی کانال در انواع شرایط اصلاح کلی و موضعی و عدم اصلاح بستر



شکل ۳- نتایج واسنجی مدل عددی توسط نتایج آزمایشگاهی: الف- خاک متورم شونده، ب- خاک اصلاح شده با آهک

نتایج و بحث

در این بخش نتایج حاصل از اثرات متقابل پوشش بتنی کانال‌ها و خاک بستر در سه شرایط متفاوت عدم اصلاح بستر متورم شونده و اصلاح بستر به دو شکل اصلاح موضعی خاک بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه متورم شونده در پیرامون هندسه کانال (دیواره و کف) و اصلاح کلی تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه متورم شونده در زیر کف کانال بر اساس ابعاد و تغییرات عمق کانال مورد بحث و بررسی قرار گرفت. تحلیل‌ها به تفکیک در هر شرایط عدم اصلاح و اصلاح کلی و موضعی بستر، در سه حالت کارکرد کانال به تفکیک بیان می‌گردد.

عدم اصلاح خاک بستر

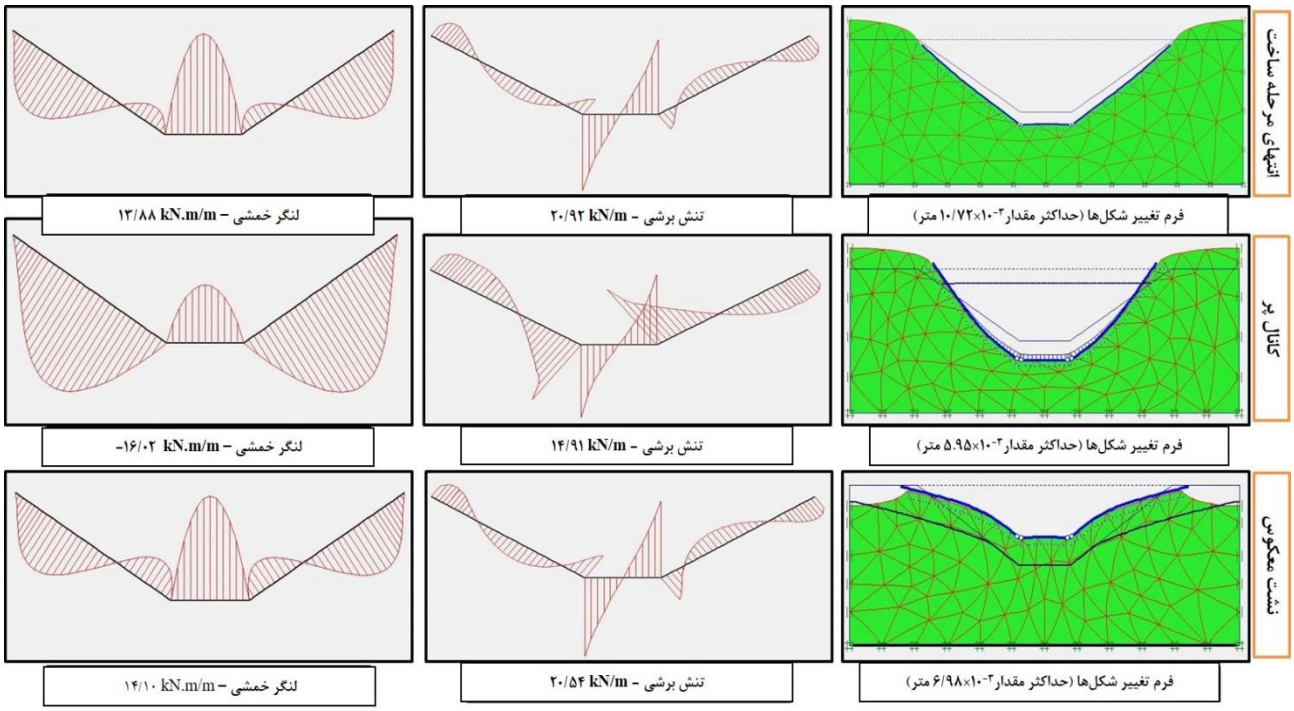
شکل ۴، نتایج عمومی تحلیل (فرم تغییر شکل، مقدار لنگر خمشی و تنش‌های برشی وارد بر پوشش بتنی) در خاک متورم‌شونده را در حالت‌های مختلف کارکرد کانال نشان می‌دهد. مطابق شکل، حداکثر لنگر خمشی در انتهای مرحله ساخت به قسمت بالایی پوشش دیواره و بخش میانی کف کانال، در حالت کانال پر به بخش میانی دیواره‌ی کانال و در حالت نشت معکوس به بخش میانی کف وارد می‌شود.

مطابق شکل ۴، فرم تغییر شکل بستر کانال در وضعیت نشت معکوس به دلیل بروز حداکثر ممان در کف کانال، به صورت محدب و بالازدگی می‌باشد و این در حالی است که تغییر شکل عمومی در وضعیت کانال پر به صورت مقعر است که آن را می‌توان ناشی از حداکثر ممان وارد شده بر دیواره کانال در این وضعیت دانست. حداکثر مقدار تغییر شکل در وضعیت انتهای مرحله ساخت حاصل شد.

عدم اصلاح خاک بستر- انتهای مرحله ساخت

در این حالت، نیروها و لنگرهای وارده بر پوشش بتنی تنها بر اثر وزن خود، پوشش می‌باشد. شکل ۵، لنگرهای وارد بر پوشش بتنی کانال‌ها را در حالت کارکرد انتهای مرحله‌ی ساخت برای بستر متشکل از خاک متورم شونده، نشان می‌دهد.

طبق شکل ۵، مقدار لنگر خمشی وارد بر پوشش، با کاهش شیب جانبی کاهش می‌یابد که علت را می‌توان کاهش تصویر سطح مقطع کانال در سطح افق دانست. علاوه بر آن، در تمامی شیب‌ها و در عمق‌های کم کانال، با افزایش نسبت B/H، مقدار لنگر خمشی به تدریج افزایش می‌یابد. علت را این‌گونه می‌توان بیان نمود که بتن با توجه به ضخامت خود تا طول خاصی می‌تواند در برابر خمش مقاومت کند و پس از آن به راحتی تحت تاثیر خمش قرار گیرد.



شکل٤- فرم تغییر شکل، تغییرات لنگر خمشی و تنش برشی در حالت‌های مختلف کارکرد کانال (H=4m, B/H=0.75, Z=1:1.5)

عدم اصلاح خاک بستر- کانال پر

در این حالت، نیروها و لنگرهای وارده بر پوشش بتنی، ناشی از وزن پوشش بتنی و نیروی وارده از طرف آب داخل کانال خواهد بود. شکل ۶، لنگرهای وارد بر پوشش بتنی کانال‌ها را در حالت کارکرد کانال پر برای بستر متشکل از خاک متورم شونده، نشان می‌دهد.

طبق شکل، با افزایش مقدار شیب جانبی، میزان لنگرهای وارده بر پوشش افزایش می‌یابد. زیرا با افزایش شیب، تصویر سطح مقطع کانال در سطح افق کاهش یافته و حجم آب داخل کانال به سطح کم‌تری وارد می‌شود. به‌علاوه این‌که در عمق‌های کم، با افزایش B/H مقدار لنگر خمشی به تدریج افزایش یافته که علت این امر ویژگی بتن بوده که با افزایش طول بتن از مقاومت آن در برابر فشارهای وارده کاسته می‌شود.

عدم اصلاح خاک بستر- نشت معکوس

در این حالت، نیروها و لنگرهای وارده بر پوشش بتنی بر اثر وزن بتن و فشار آب منفذی می‌باشد. زمانی‌که آب در کانال جریان دارد به دلیل نفوذپذیری و وجود درز در پوشش، آب بستر کانال را مرطوب کرده و تا اشباع شدن کامل بستر نیز پیش می‌رود. با قطع ناگهانی جریان آب، وزن آب داخل کانال به سرعت حذف شده که این حذف نیرو در جهت عکس خود، نیروی واکنشی را ایجاد می‌نماید. این نیرو همان فشار آب منفذی است که قصد بازگشت به داخل کانال را داشته و نیروی زیادی را به‌صورت ناگهانی به پوشش بتنی وارد می‌سازد.

شکل ۷، لنگرهای وارده بر پوشش بتنی کانال‌ها را در حالت کارکرد نشت معکوس برای بستر متشکل از خاک متورم شونده، نشان می‌دهد. جهت مدل‌سازی این بخش فرض بر تعبیه سیستم زهکش در زیر کانال‌های بتنی بوده به طوری‌که بخش زیادی از فشار معکوس وارده از طرف جریان معکوس به سمت کانال مستهلک شده است بنابراین رفتار کانال در این شرایط بسیار مشابه با رفتار کانال خالی است. طبق شکل، در عمق‌های ۲ و ۳ متر، با افزایش ابعاد کانال، لنگر خمشی نیز افزایش می‌یابد اما در عمق۴، ۵ و ۶ متر روند تغییرات لنگر خمشی تا B/H=۱ افزایشی بوده و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود (۴۵ kN.m/m)، مقدار آن کاهش می‌یابد.

علت شکستگی نمودار، تاثیر متقابل وزن پوشش بتنی و نیروهای وارد از طرف بستر می‌باشد که در عمق‌های کم و ابعاد کوچک کانال وزن عامل غالب بوده که با افزایش ابعاد کانال و طول پانل‌های بتنی مقدار ممان‌های خمشی حاصل از نیروهای وارده افزایش می‌یابد. در کانال‌های با ابعاد بزرگ‌تر، پس از یک نسبت معین از B/H، نیروهای وارده بر پوشش بتنی یکدیگر را خنثی کرده که موجب کاهش لنگرهای خمشی می‌شود. طبق نتایج حاصله، حالت نشت معکوس با شیب دیواره Z=1 بحرانی‌ترین حالت است که با یافته‌های احمدی و همکاران (۱۳۹۱) مطابقت دارد. در اعماق ۲ و ۳ متری، بیش‌ترین

لنگر خمشی در حالت کانال پر و در سایر عمق‌ها، حداکثر لنگر خمشی مربوط به حالت نشت معکوس است.

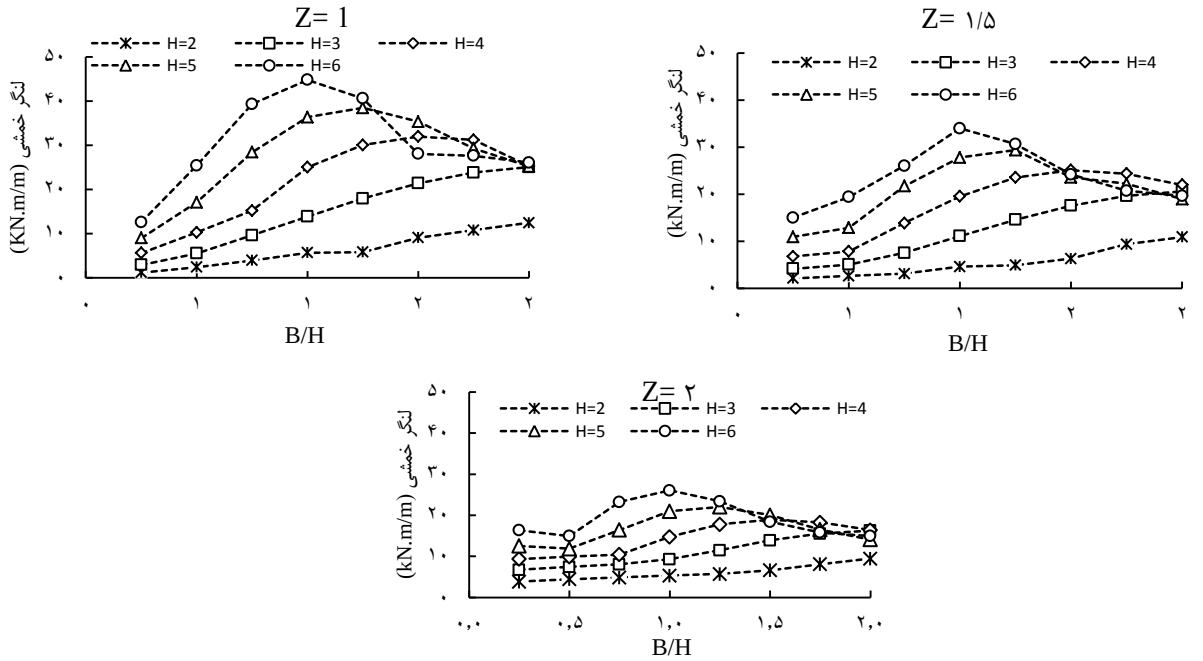
اصلاح کلی بستر تا عمق ۲۵ ٪ ضخامت لایه متورم شونده در زیر کف کانال

به منظور کاهش حجم عملیات خاکی و به‌تبع آن کاهش هزینه‌ها، اصلاح بستر به صورت موضعی و بررسی تاثیر آن بر رفتار پوشش‌های بتنی کانال‌های خاکی هدف این تحقیق بود. شکل ۸، نتایج عمومی (فرم تغییر شکل، مقدار لنگر خمشی و تنش‌های برشی وارد بر پوشش بتنی) تحلیل در حالت اصلاح موضعی به صورت بخش کلی از قسمتی که کانال در آن احداث شده را در حالت‌های مختلف کارکرد آن نشان می‌دهد. مطابق شکل، حداکثر لنگر خمشی در انتهای مرحله ساخت به بخش میانی کف کانال، در حالت کانال پر به دیواره‌های جانبی و نزدیک محل اتصال دیواره به کف کانال و در حالت نشت معکوس به بخش میانی کف وارد می‌شود که متفاوت از حالتی است که بستر کانال از خاک متورم شونده تشکیل شده است.

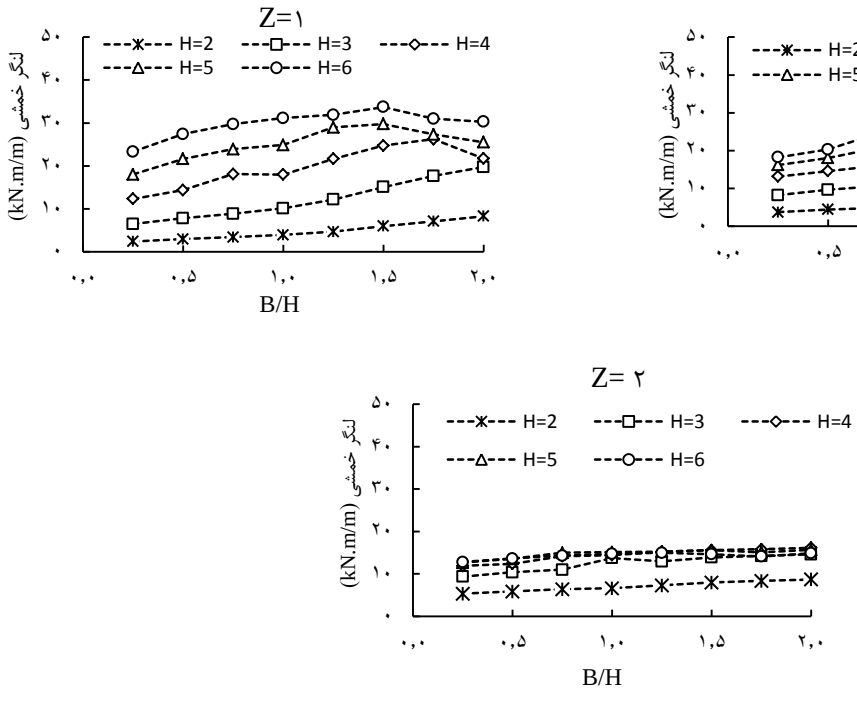
همانند آن‌چه که در وضعیت عدم اصلاح خاک بیان گردید، تغییر شکل در وضعیت نشت معکوس به دلیل حداکثر ممان وارده به کف کانال به صورت بیرون‌زدگی یا محدب است که با توجه به جهت فشار معکوس قابل پیش‌بینی بود. از سوی دیگر فرم تغییر شکل نیز در وضعیت کانال پر به دلیل تاثیر مستقیم فشار هیدرودینامیک به‌صورت فرورفته یا مقعر بدست آمده است.

اصلاح کلی بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه متورم شونده در زیر کف کانال- انتهای مرحله ساخت

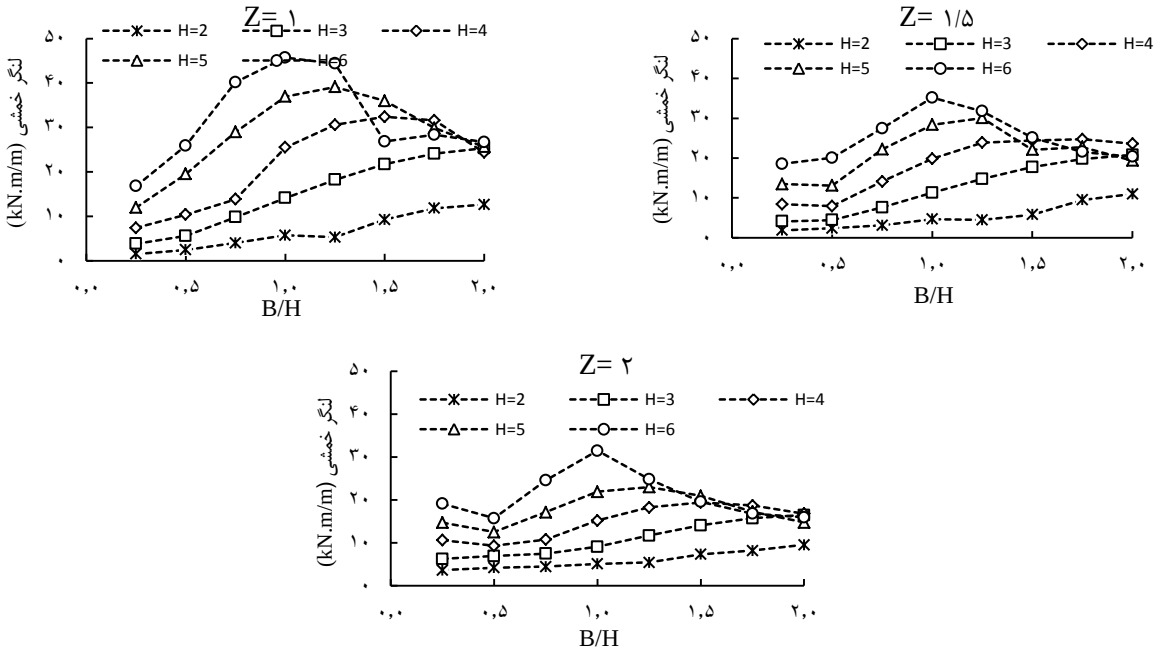
شکل ۹، مقدار لنگرهای وارد شده بر پوشش بتنی کانال‌ها را در حالت کارکرد انتهای مرحله‌ی ساخت در شرایطی که بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه متورم شونده در زیر کف کانال اصلاح شده است را نشان می‌دهد. طبق این شکل، هر چه شیب دیواره جانبی تندتر باشد میزان لنگرهای وارده بیش‌تر خواهد بود به طوری‌که در تمامی عمق‌ها، لنگر وارده بر پوشش بتنی کانال با شیب دیواره Z=۱ بیش‌تر از کانال با شیب دیواره Z=۲ است. در تمامی شیب‌ها، تغییرات لنگر خمشی از دو روند کلی پیروی می‌کند. در عمق‌های کم (۲ و ۳ متر) با افزایش نسبت عرض به عمق، لنگر خمشی به تدریج افزایش می‌یابد به طوری‌که حداکثر لنگر خمشی در حداکثر نسبت عرض کف به عمق کانال حاصل می‌شود. در عمق‌های بیش‌تر از ۳ متر، تغییرات لنگر خمشی دارای روند افزایشی- کاهشی است و علت تغییر روند نمودار، اندرکنش نیروهای رو به پایین از طرف وزن پوشش و نیروهای واکنشی وارد از طرف خاک می‌باشد که پس از نسبت عرض کف به عمق ۱ این نیروها یکدیگر را خنثی کرده و در نتیجه مقدار لنگرهای خمشی کاهش می‌یابد.



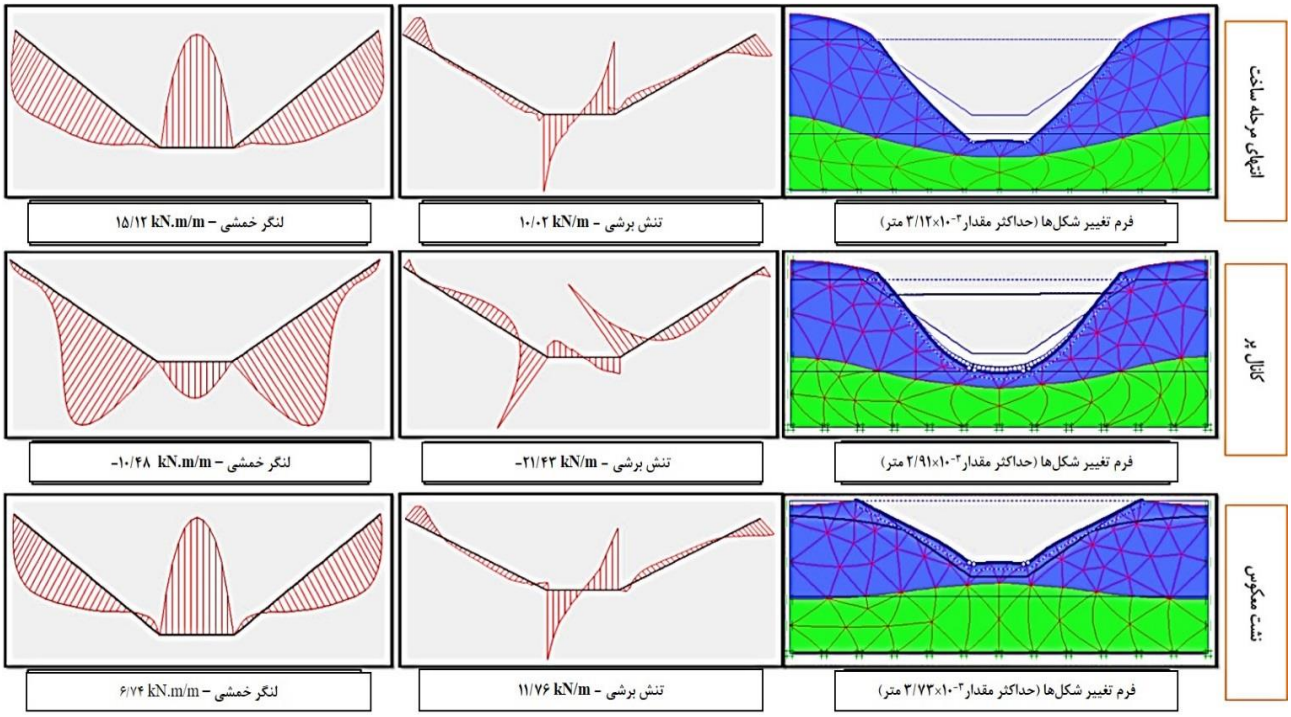
شکل ۵- تغییرات لنگر خمشی وارد بر پوشش بتنی در حالت کارکرد انتهای مرحله‌ی ساخت در سه شیب متفاوت برای عمق‌های مختلف



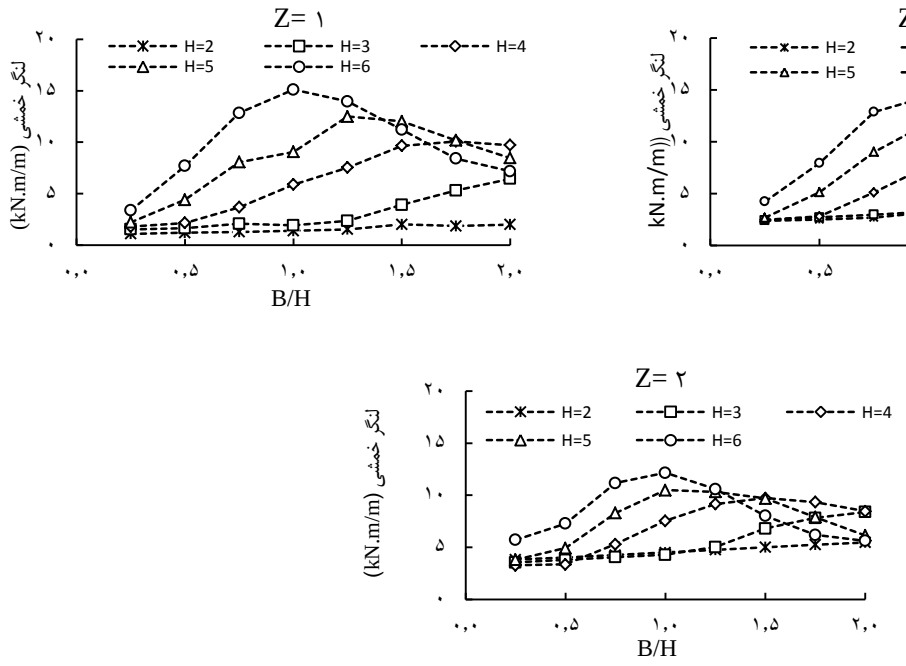
شکل ٦- تغییرات لنگر خمشی وارد بر پوشش بتنی در حالت کارکرد کانال پر در سه شیب متفاوت برای عمق‌های مختلف



شکل ۷- تغییرات لنگر خمشی وارد بر پوشش بتنی در حالت کارکرد نشت معکوس در سه شیب متفاوت برای عمق‌های مختلف



شکل ۸- فرم تغییر شکل، تغییرات لنگر خمشی و تنش برشی در حالت‌های مختلف کارکرد کانال (H=4m, B/H=0.75, Z=1:1.5)



شکل ۹- تغییرات لنگر خمشی وارد بر پوشش بتنی در حالت کارکرد انتهای مرحله ساخت در سه شیب متفاوت برای عمق‌های مختلف

بدین ترتیب در تمامی شیب‌های دیواره، حداکثر لنگر خمشی در حداکثر عمق کانال و در وضعیت B/H=1 اتفاق افتاده است. به عبارت دیگر، طراحی ابعاد کانال در صورت برابری عرض کف و عمق کانال در صورت اعمال حداکثر عمق، می‌تواند حالتی بحرانی برای وضعیت انتهای مرحله ساخت در نظر گرفته شود و این در حالی است که با کاهش عمق کانال، حداکثر لنگر خمشی در B/H >1 اتفاق می‌افتد.

اصلاح کلی بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه متورم شونده در زیر کف کانال- کانال پر

لنگرهای وارده بر پوشش بتنی کانال‌ها در حالت کارکرد کانال پر در شکل ۱۰ ارایه شده است. با توجه به نمودارهای نشان داده شده، در صورت افزایش نسبت عرض کف به عمق کانال، میزان لنگرهای وارده به پوشش بتنی در تمامی شیب‌ها به آرامی افزایش می‌یابد.

اصلاح کلی بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه متورم شونده زیر کف کانال- نشت معکوس

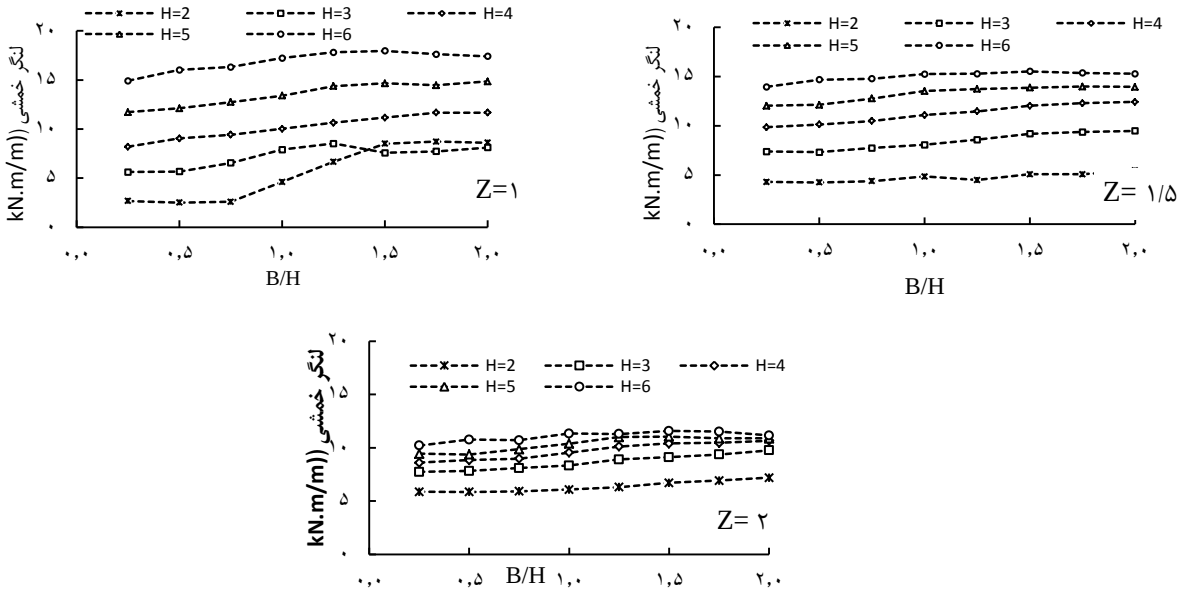
در شکل ۱۱، لنگرهای وارده بر پوشش بتنی کانال‌ها را در حالت نشت معکوس نشان می‌دهد. مقادیر لنگر خمشی در عمق‌های بالاتر از ۳ متر، ابتدا روند افزایشی داشته و پس از رسیدن به یک نسبت معین B/H، روند کاهشی به خود گرفته است. در تمامی شیب‌های دیواره، حداکثر لنگر خمشی در حداکثر عمق کانال (۶ متر) و در وضعیت B/H=1 اتفاق افتاده و این در حالی است که با کاهش عمق کانال، حداکثر لنگر خمشی در B/H >1 نمایان می‌گردد. روند تغییرات لنگر خمشی با افزایش نسبت B/H برای عمق کانال ۲ متر، تقریبا یکنواخت است. به عبارت دیگر، با افزایش عرض کانال، تغییر چندانی در میزان لنگر خمشی حاصل نخواهد شد. روند تغییرات لنگر خمشی در عمق کانال به اندازه ۳ متر تا رسیدن به B/H=۱ تقریبا ثابت بوده و پس از آن روند افزایشی را دنبال می‌کند. همان‌طور که از این شکل مشاهده می‌گردد، نمودارهای مربوط به حالت انتهای مرحله‌ی ساخت و نشت معکوس از نظر مقدار لنگر خمشی و همین‌طور روندهای بدست آمده، به شدت به یکدیگر نزدیک بوده و می‌توان انطباق قابل ملاحظه‌ای را در آن‌ها مشاهده نمود که این امر به دلیل اختصاص سیستم زهکشی مناسب در زیر پوشش بتنی و فرض بر عملکرد صحیح آن‌ها است.

به عبارت دیگر، وجود سیستم زهکش باعث شده است که فشار اضافی از زیر پنل‌های بتنی حذف شود.

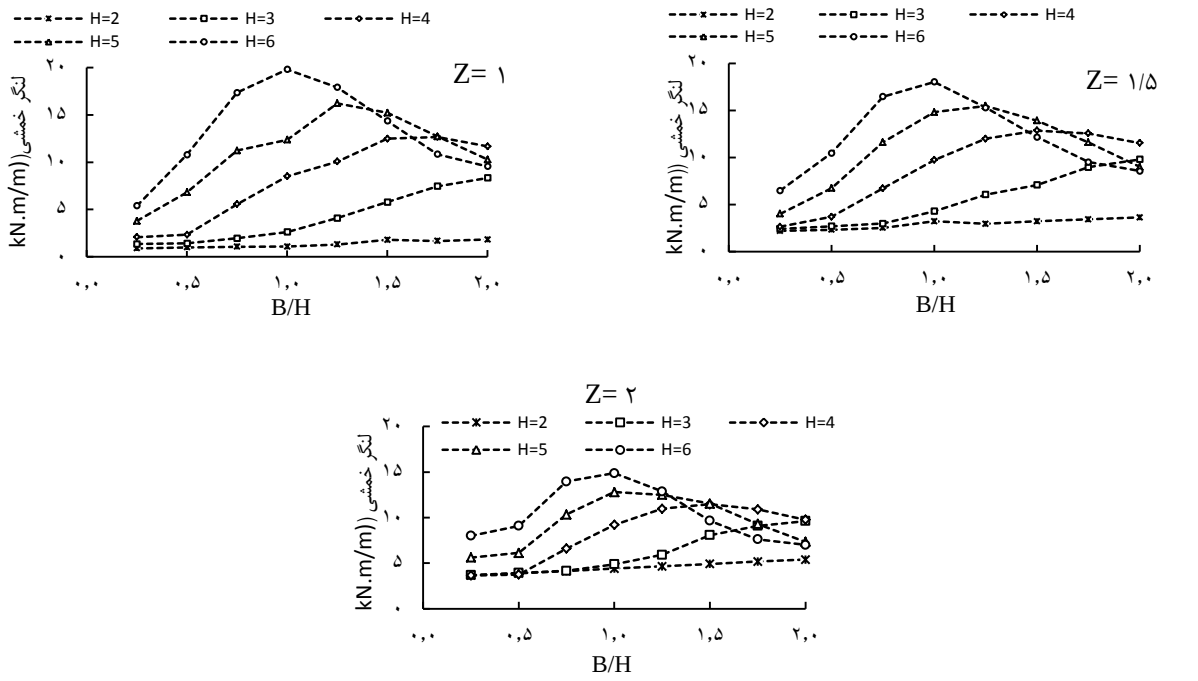
بررسی حداکثر مقدار لنگرهای خمشی در حالت اصلاح موضعی افقی (۲۰ kN.m/m)، نسبت به حداکثر مقدار لنگر خمشی در حالت معمولی از بستر (۴۵ kN.m/m) نشان از تاثیر ۵۵ درصدی در کاهش مقدار لنگرهای وارد بر پوشش بتنی دارد.

اصلاح موضعی بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه متورم شونده در پیرامون هندسه کانال

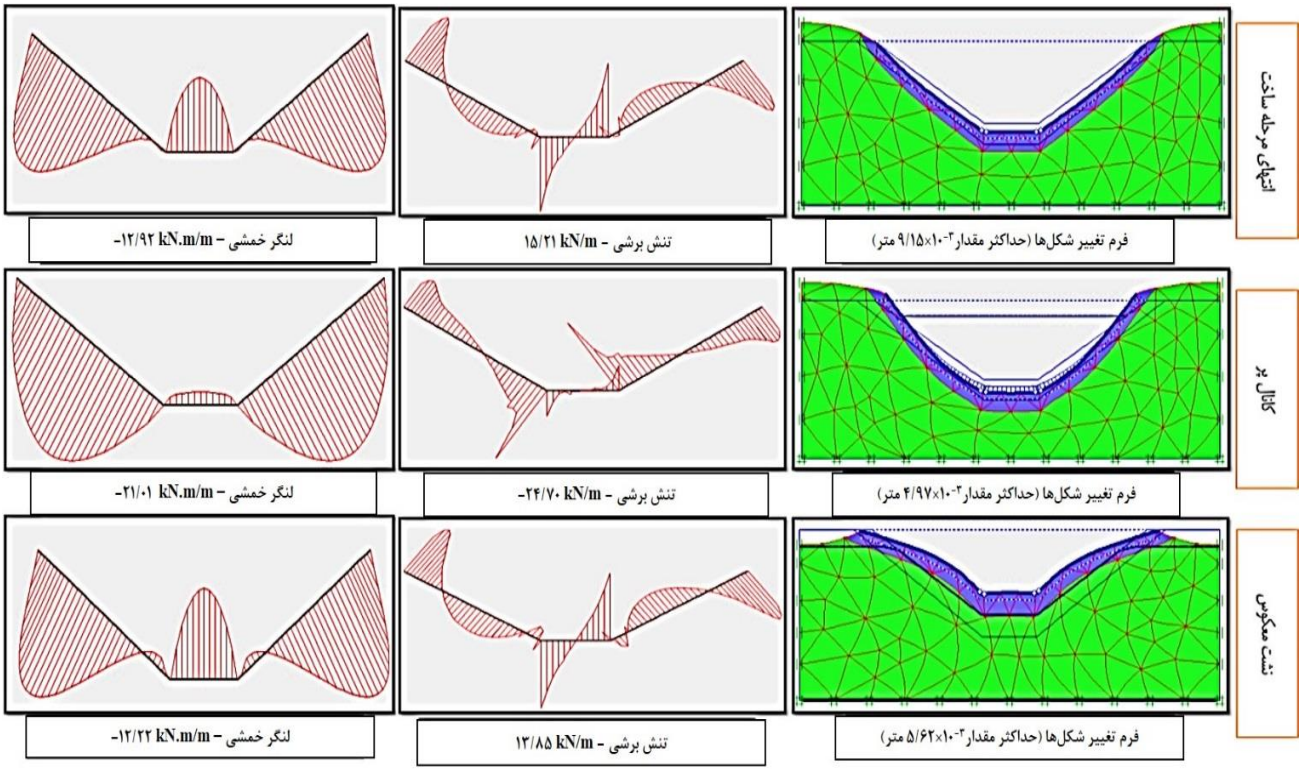
در جهت کاهش حجم عملیات اصلاحی که علاوه بر سهولت اجرا، کاهش قابل ملاحظه در مقدار هزینه‌ها را به همراه دارد، تاثیر حداقل میزان اصلاح موضعی در نیروهای وارده از طرف بستر بر پوشش بتنی، مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل ۱۲، نتایج عمومی (فرم تغییر شکل، مقدار لنگر خمشی و تنش‌های برشی وارد بر پوشش بتنی) این نوع از اصلاح بستر کانال را در حالت‌های مختلف کارکرد آن نشان می‌دهد. قابل ذکر است در وضعیت کانال پر، کم‌ترین لنگر خمشی بر کف کانال وارد شده است که نسبت به اصلاح کلی به روش قبلی نیز بسیارکم می‌باشد.



شکل۱۰- تغییرات لنگر خمشی وارد بر پوشش بتنی در حالت کارکرد کانال پر در سه شیب متفاوت برای عمق‌های مختلف



شکل ۱۱- تغییرات لنگر خمشی وارد بر پوشش بتنی در حالت کارکرد نشت معکوس در سه شیب متفاوت برای عمق‌های مختلف



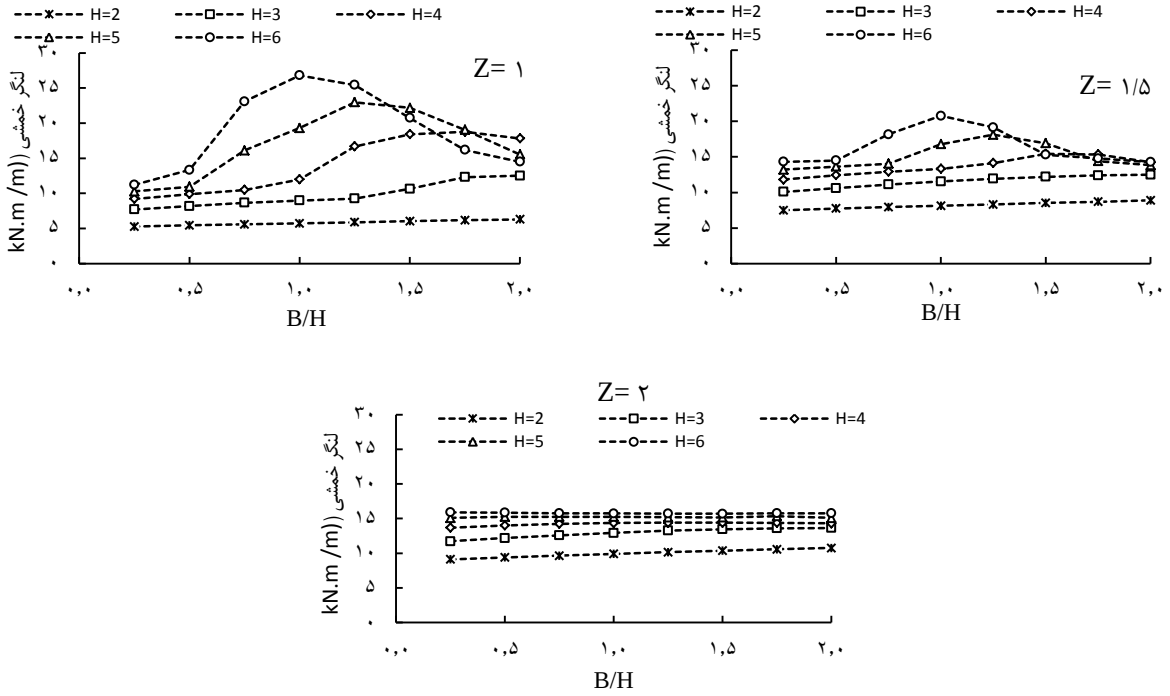
شکل ۱۲- فرم تغییر شکل، تغییرات لنگر خمشی و تنش برشی در حالت‌های مختلف کارکرد کانال (H=4m, B/H=0.75, Z=1:1.5)

با مقایسه فرم تغییر شکل فوق با وضعیت اصلاح کلی بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه متورم شونده در زیر کف کانال ملاحظه می‌شود که فرم عمومی تغییر شکل‌ها تغییر محسوسی نداشته منتها مقدار تغییر شکل در این وضعیت بسیار بیش‌تر از اصلاح موضعی زیر

کف کانال است. در نتیجه، اصلاح موضعی به صورت لایه‌ای پیرامون کانال نتوانسته مانند حالت قبل در کنترل تغییر شکل موثر باشد.

اصلاح موضعی بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه متورم شونده در پیرامون هندسه کانال- انتهای مرحله ساخت

شکل ۱۳، لنگرهای وارد شده بر پوشش بتنی کانال‌ها را در حالت انتهای مرحله‌ی ساخت نشان می‌دهد. آن‌چه که در این تحلیل‌ها حایز اهمیت است، روند متفاوت تغییرات لنگر خمشی در شیب کم دیواره (Z=2) نسبت به دو شیب دیگر (Z= 1,1.5) می‌باشد، به طوری‌که در انتهای مرحله ساخت و با انجام اصلاح موضعی اطراف هندسه کانال، تغییرات قابل ملاحظه‌ای در لنگر خمشی به وجود نیامده و می‌توان مقادیر آن را ثابت فرض نمود و دلیل آن را می‌توان کاهش تصویر سطح مقطع افقی کانال دانست. ولی این در حالی است که با افزایش شیب، مقادیر لنگر خمشی نیز افزایش می‌یابد. به طوری‌که در عمق کانال یکسان، مقادیر لنگر خمشی در شیب دیواره Z=1 بیش‌تر از مقادیر لنگر خمشی در شیب دیواره Z=1.5 است. قابل ذکر است افزایش مقادیر لنگر خمشی با افزایش شیب دیواره و عمق کانال، با یک روند افزایش- کاهشی همراه است، به طوری‌که حداکثر مقدار لنگر خمشی در شرایط عرض کف برابر با عمق کانال حاصل شده است.



شکل ۱۳- تغییرات لنگر خمشی وارد بر پوشش بتنی در حالت کارکرد انتهای مرحله ساخت در سه شیب متفاوت برای عمق‌های مختلف

اصلاح موضعی بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه متورم شونده در پیرامون هندسه کانال- کانال پر

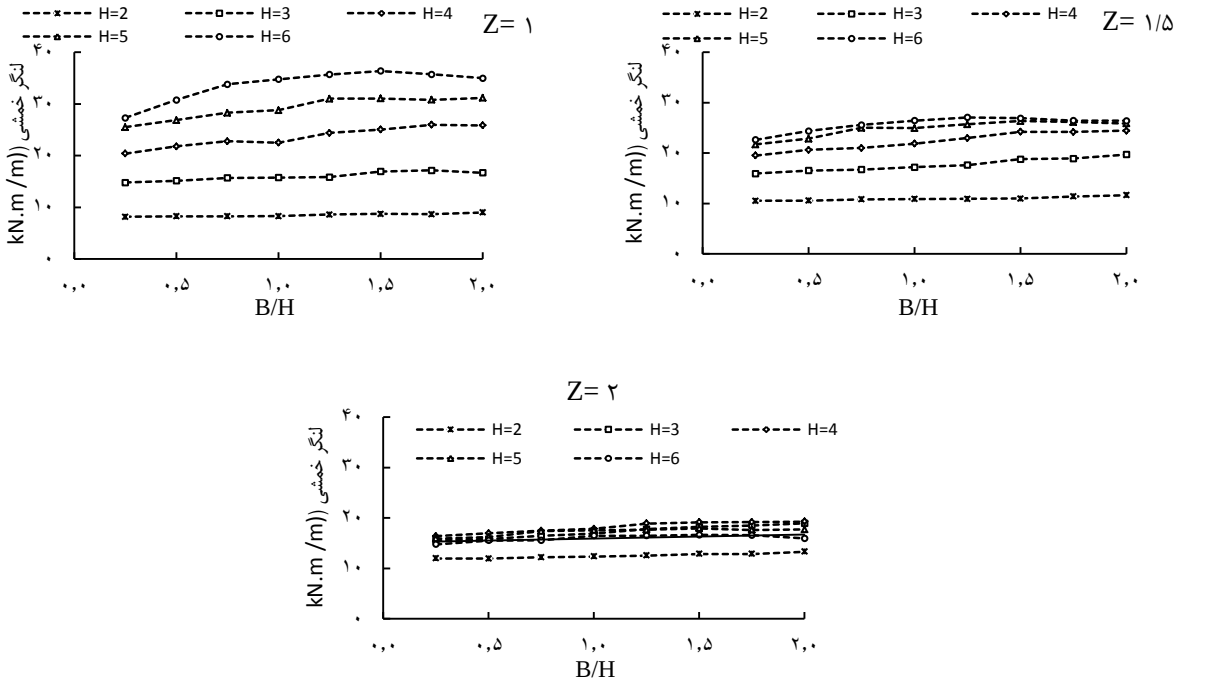
شکل ۱۴، لنگرهای وارد شده بر پوشش بتنی کانال‌ها را در حالت کارکرد کانال پر نشان می‌دهد. مطابق شکل، حداقل مقادیر لنگر خمشی در حداقل شیب بدست آمده است و روند حاصله در شیب دیواره Z=2 حاکی از آن است که افزایش نسبت B/H، تاثیر بسزایی در روند تغییرات و مقادیر آن‌ها نداشته است. با تندتر شدن شیب دیواره، مقادیر لنگر خمشی، افزایش می‌یابد.

اصلاح موضعی بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه متورم شونده در پیرامون هندسه کانال- نشت معکوس

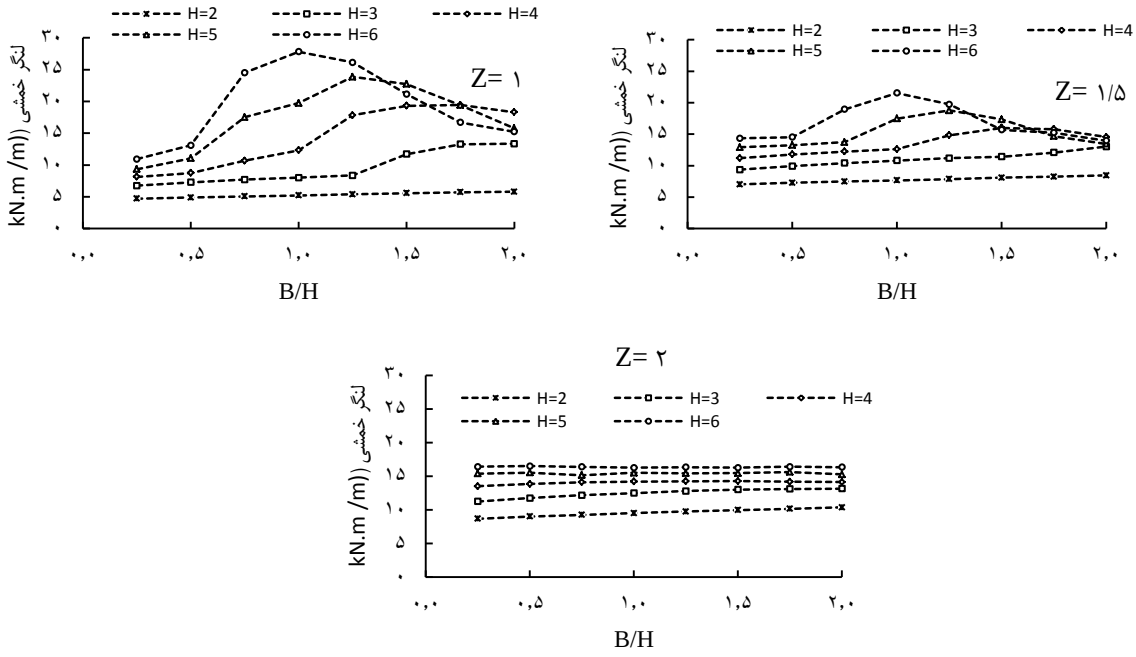
لنگرهای وارده بر پوشش بتنی کانال‌ها در حالت نشت معکوس مطابق شکل ۱۵ می‌باشد. همان‌طور که از نتایج تحلیل‌ها مشخص است، در کانال‌هایی با شیب دیواره ملایم و عمق زیاد، تاثیر افزایش نسبت B/H بر میزان لنگر خمشی وارده بسیار ناچیز است. به عبارت دیگر، مقادیر لنگر خمشی تقریبا ثابت باقی می‌ماند. همانند حالت انتهای مرحله ساخت، با افزایش شیب دیواره و عمق کانال، هم روند تغییرات لنگر خمشی تغییر کرده و هم مقادیر به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. به طوری‌که حداکثر مقادیر لنگر خمشی در تندترین شیب دیواره (Z=1) و حداکثر عمق (H=6) اتفاق می‌افتد. روند تغییرات لنگر خمشی در این وضعیت به صورت افزایشی- کاهشی است که در شرایط B/H=1 حداکثر لنگر خمشی بدست می‌آید. مقایسه حداکثر مقدار لنگرهای وارده بر پوشش بتنی در حالت اصلاح

موضعی (۳۶kN.m/m) به صورت لایه پیرامون پوشش بتنی نشان می‌دهد که در این حالت حداقل تاثیر اصلاح در کاهش مقدار لنگرهای وارده به میزان ۲۰ درصد می‌باشد.

شکل ۱۶، خلاصه‌ای از تاثیر انواع اصلاح موضعی بر لنگر خمشی وارد بر پوشش بتنی در حالت‌های مختلف کارکرد کانال را نشان می‌دهد.



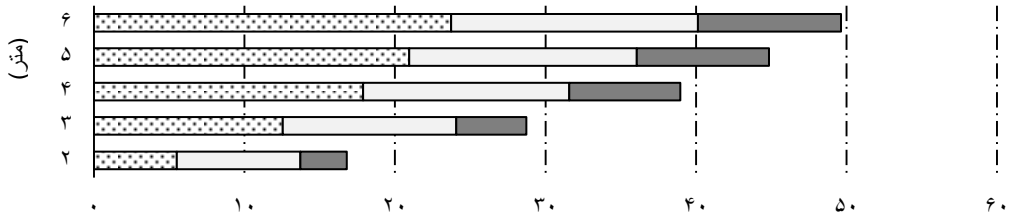
شکل ۱۴- تغییرات لنگر خمشی وارد بر پوشش بتنی در حالت کارکرد کانال پر در سه شیب متفاوت برای عمق‌های مختلف



شکل ۱۵- تغییرات لنگر خمشی وارد بر پوشش بتنی در حالت کارکرد نشت معکوس در سه شیب متفاوت برای عمق‌های مختلف

وضعیت انتهای مرحله ساخت

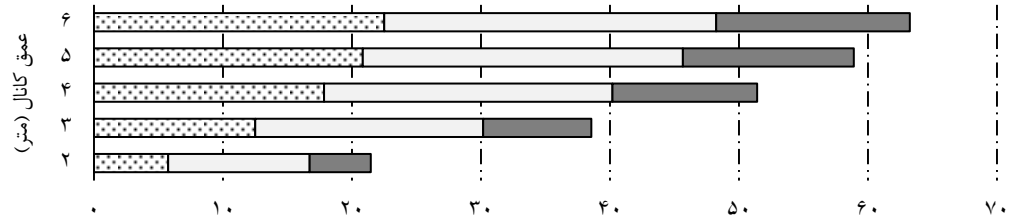
(الف)



	۲	۳	۴	۵	۶
عدم اصلاح خاک بستر	۵,۵۰	۱۲,۵۴	۱۷,۹۰	۲۰,۹۵	۲۳,۷۳
اصلاح موضعی پیرامون کانال	۸,۲۲	۱۱,۵۴	۱۳,۷۰	۱۵,۱۲	۱۶,۴۰
اصلاح موضعی زیر کف کانال	۳,۰۹	۴,۶۶	۷,۳۷	۸,۷۹	۹,۵۲

وضعیت کانال پر

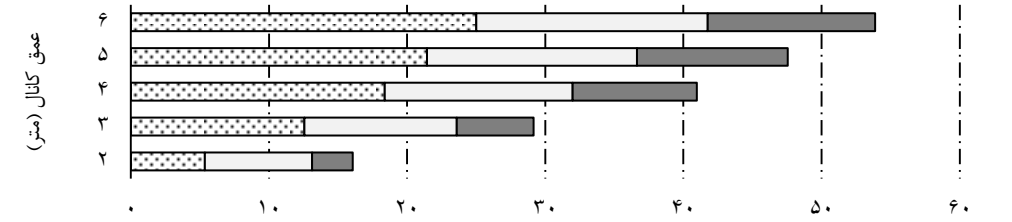
(ب)



	۲	۳	۴	۵	۶
عدم اصلاح خاک بستر	۵,۷۶	۱۲,۴۹	۱۷,۸۴	۲۰,۸۴	۲۲,۵۱
اصلاح موضعی پیرامون کانال	۱۰,۹۸	۱۷,۶۸	۲۲,۳۶	۲۴,۸۳	۲۵,۷۴
اصلاح موضعی زیر کف کانال	۴,۷۳	۸,۳۹	۱۱,۲۱	۱۳,۲۴	۱۵,۰۱

وضعیت نشت معکوس

(ج)



	۲	۳	۴	۵	۶
عدم اصلاح خاک بستر	۵,۳۵	۱۲,۵۷	۱۸,۳۶	۲۱,۴۳	۲۴,۹۹
اصلاح موضعی پیرامون کانال	۷,۷۶	۱۱,۰۳	۱۳,۶۲	۱۵,۲۰	۱۶,۷۵
اصلاح موضعی زیر کف کانال	۲,۹۵	۵,۵۵	۸,۹۸	۱۰,۹۱	۱۲,۱۴

شکل ۱۶- مقایسه تاثیر نوع اصلاح موضعی خاک در حالت‌های مختلف کارکرد کانال در Z=1:1.5

در شکل فوق، مقادیر لنگر خمشی در سه وضعیت عدم اصلاح خاک بستر، اصلاح موضعی پیرامون کانال و اصلاح موضعی زیر کف کانال در هر عمق، میانگین‌گیری و به تفکیک در انواع حالت‌های کارکرد کانال (انتهای مرحله ساخت، کانال پر و نشت معکوس) بر حسب KN.m/m گزارش گردید و این در حالی است که به دلیل حجم گسترده نتایج، تنها تحلیل‌های مرتبط با شیب دیواره ۱:۱/۵ در این شکل

گزارش می‌شود. همان‌طور که مشخص است، اصلاح موضعی بستر به صورت تعویض لایه‌ی بالایی از خاک مشکل‌زا تا عمق ۲۵٪ زیر کف کانال، بیش‌ترین تاثیر در کاهش لنگر خمشی در هر سه حالت کارکرد کانال را دارا می‌باشد که در وضعیت انتهای مرحله ساخت و نشت معکوس بیش‌ترین تاثیرگذاری را سبب شده است. تاثیر اصلاح موضعی از خاک اطراف پوشش بتنی به ضخامت مشخص در هر سه حالت کارکرد کانال بسیار کم‌تر از حالت قبل است و حداکثر تاثیرگذاری آن در حالت‌های انتهای مرحله ساخت و نشت معکوس مشاهده می‌شود و نکته قابل توجه این‌که در حالت کانال پر، هیچ‌گونه تاثیری بر کاهش لنگر خمشی ندارد.

نتیجه‌گیری

بر اساس تحلیل‌های انجام شده در این تحقیق، مجموعه نتایج زیر قابل بیان است:

– در همه‌ی حالت‌های کارکرد کانال، با کاهش شیب جانبی، از میزان لنگر خمشی وارد بر پوشش بتنی کاسته می‌شود.

– حداکثر لنگر خمشی در اصلاح کلی بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه متورم شونده در زیر کف کانال، در حالت انتهای مرحله ساخت و در حالت نشت معکوس به بخش میانی کف و در حالت کانل پر به بخش پایینی دیواره کانال (نزدیک محل اتصال دیواره به کف) وارد می‌گردد.

– حداکثر لنگر خمشی در اصلاح موضعی بستر تا عمق ۲۵٪ ضخامت لایه متورم شونده در پیرامون هندسه کانال، در حالت انتهای مرحله ساخت و در حالت نشت معکوس به بخش بالایی دیواره و در حالت کانال پر به بخش میانی دیواره کانال وارد می‌گردد.

– اصلاح موضعی به صورت لایه‌ی افقی تا عمق ۲۵ درصد از ضخامت لایه‌ی متورم شونده تا ۵۵ درصد در کاهش لنگرهای وارده تاثیرگذار است در حالی‌که اصلاح موضعی به صورت لایه نازک در پیرامون پوشش بتنی تا ۲۰ درصد در کاهش لنگرهای وارده نقش دارد.

– تعبیه زهکش مناسب در زیر کانال‌های بتنی، می‌تواند عملکردی مناسب (از حیث کاهش ممان خمشی) مشابه وضعیت انتهای مرحله ساخت ایجاد نماید.

– اصلاح موضعی بستر به صورت تعویض لایه‌ی بالایی از خاک مشکل‌زا تا عمق ۲۵٪ زیر کف کانال، بیش‌ترین تاثیر در کاهش لنگر خمشی (در هر سه حالت کارکرد کانال) را دارا است و اصلاح موضعی از خاک پیرامون پوشش بتنی کم‌ترین تاثیر را دارد و در حالت کانال پر، تاثیر مثبتی در کاهش ممان خمشی نشان نمی‌دهد.

– درصد کاهش تغییر شکل در وضعیت اصلاح موضعی بستر به صورت تعویض لایه بالایی از خاک مشکل‌زا در حالت نشت معکوس به طور میانگین ۴۵٪ و در حالت کانال پر ۵۰٪ است.

– درصد کاهش تغییر شکل در وضعیت اصلاح موضعی از خاک پیرامون پوشش بتنی در حالت نشت معکوس به طور میانگین ۱۸٪ و در حالت کانال پر ۱۵٪ است.

منابع

احمدی،ح.، احمدی، س. ۱۳۹۱. تاثیر درزبندی پوشش بتنی کانال‌های آبیاری بر لنگر خمشی وارد بر آن. سومین سمینار ملی مسایل ژئوتکنیکی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران، تهران.

احمدی،ح.، عبقری،ه.، رضاوردی‌نژاد،و بشارت،س. ۱۳۹۱. تاثیر ابعاد کانال بر تغییرات لنگر خمشی وارد بر پوشش بتنی. مجله پژوهش آب ایران۶. ۱۰:۸۳-۷۶.

دریایی،م. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر افزایش ماسه در مقاومت مخلوط خاک آهک در زیرسازی سازه‌های آبی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز.

رحیمی،ح.، عباسی،ن. ۱۳۸۱. تخریب پوشش کانال‌های آبیاری در خاک‌های ماسه‌ای (مطالعه‌ی موردی شبکه‌ی آبیاری ساوه). مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۳. ۴: ۶۷۱-۶۸۲.

رحیمی،ح. ۱۳۸۳. مسایل کانال‌های آبیاری در ایران. مجموعه مقالات گوهران کویر.

شریفی،ا.، احمدی،ح و زینال‌زاده،ک. ۱۳۹۲. بررسی رفتار پوشش‌های بتنی کانال‌های آبیاری واقع بر بستر تثبیت شده با آهک. اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران، دانشگاه محقق اردبیلی.

ضیایی‌موید،ر.، هراتیان،م. ۱۳۸۹. تاثیر تثبیت با آهک و پلیمر و تسلیح با الیاف پلیمری بر رفتار تغییر حجمی خاک‌های رسی شور. نشریه زمین‌شناسی۴. ۱: ۸۲۷-۸۵۴.

گلابتون‌چی،ا.، طالبی،س. ۱۳۷۹. برخی علل ترک‌خوردگی و روش‌های اجرایی علاج بخش آن‌ها. مجموعه مقالات فنی ساخت کانال‌های آبیاری، کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی.

Ahmadi,H., Rahimi,H., Abdollahi,J. 2009. Optimizngnthe location of contraction- expansion joints in concrete canal lining. Journal of Irrigation and Drainage. 58.1: 116–125.

Alrefaei,N. 1976. Problem of Irrigation Network on Gypsum Soils in Euphrates catchments-Syria. Iranian Irrigation and Drainage Committee, No.16. Tehran, Iran.

Bell,F.G., 1996. Lime Stabilization of Clay Minerals. Engineering Geology, 42.4: 223-237.

Kumar,A., Walia,B,S., Bajaj,A. 2007. Influence of Fly

Geological Engineering, Springer. 26 .2: 189-197.

Sahoo,J.P., Pradhan,P.K. 2010. Effect of Lime Stabilized Soil Cushion on Strength Behaviour of Expansive Soil. Journal of Geotechnical and Geological Engineering. 28: 889-897.

USBR. 1967. Design of standard No.3. Canals and Related Structures.

Yilmaz,I., Civelekoglu,B. 2009. Gypsum: An additive for stabilization of swelling clay soils. Applied Clay Science. 44: 166-172.

Zhang,L., Solis,R. 2008. Fly- ash- stabilized gypsiferous soil as an embankment material. Science Press Beijing and Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg. Geotechnical Engineering for Disaster Mitigation and Rehabilitation. 1: 809-814.

Ash, Lime, And Polyester Fibers on Compaction and Sternght Properties of Expansive Soil. Journal of Material in Civil Engineering,. 19.3: 242-248.

Murty,V.R., Praveen,G.V. 2008. Use of chemically stabilized soil as cushion material below light weight structures founded on expansive soils. Journal of Materials in Civil Engineering (ASCE). 20.5: 392-400 .

Nelson,J.D., Miller,D.J. 1992. Expansive Soiles. Prolems and Practice in Fondation and Pavement Engineering. Wiley, NewYork. 259.

Rahimi,H., Barootkoob,S.h. 2002. Concrete Canal Lining Cracking in Low to Medium Plastic Soils. Irrigation and Drainage. 51.2: 141-153.

Rao,M.R., Rao,A.S., Babu,R.D. 2008. Efficacy of cement-stabilized fly ash cushion in arresting heave of expansive soiks. Journal of Geotechnical and

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 11, Feb.-Mar. 2018, p. 972-987

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶ جلد ۱۱، بهمن - اسفند ۱۳۹۶، ص. ۹۸۷-۹۷۲

Assessment of Concrete Canal Linings Behavior of Irrigation Canals Constructed on the Positional Modified Bases

H. Ahmadi[1]*, S. mard ali[2], S. Behrouzi Niya[3]
Recived: Jul.07, 2017 Accepted: Oct.13, 2017

Abstract

In this research the effect of soil modification with lime, on the behavior of concrete linings and acting forces has been numerically studied based on experimental data. Soil improvement has been conducted based on two different methods as removing upper problematic soil as well as local modification of soil around concrete linings with a given thickness. Modeling has been done using Plaxis finite element based model. Experimental uniaxial test data conducted on the original and modified soil samples has been employed to calibration of numerical model. Furthermore, acting forces on the canal linings, under three different operation conditions of canals were investigated. The results revealed that by modification and improvement of mechanical properties of base soil, the acting shear moments on the bed as well as side wall linings reduce, wherever, for mild slopes of side wall is more significant. Based on achieved results, at the horizontal removal method 55% and at the local modification case 20% reduction on the acting bending moment have been realized.

Keywords: Bending moment, Lime stabilization, Local modification, Plaxis software

1- Associate Professor, Department of water engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University Associate Professor, Department of water engineering, Urmia Lake Research Inst., Urmia University
2- MSc Student of Hydraulic Structures, Urmia University
3- PhD Student of Hydraulic Structures, Urmia University
(*-Corresponding Author: hojjat.a@gmail.com, h.ahmadi@urmia.ac.ir)